

Условие

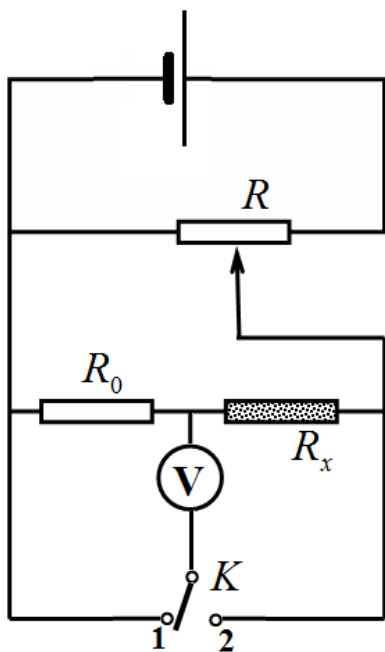
1. Выведите формулу для расчета коэффициента поверхностного натяжения по измеряемым величинам. 2. Измерьте диаметр и толщину кольца. Рассчитайте длину линии разрыва поверхности воды при отрыве кольца. 3. Измерьте коэффициент поверхностного натяжения воды при комнатной температуре. Оцените погрешность его измерения. 4. Исследуйте зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от ее температуры.

Решение

Задание 10-1. «Соппротивление металлического порошка»

В работе использован железный металлический порошок. Все измерения удобно проводить по схеме, показанной на рисунке. Переменный резистор R позволяет регулировать напряжение, подаваемое на исследуемый порошок. При включении ключа в положение 1 измеряется напряжение U_1 на известном резисторе R_0 (в наших измерениях 510 Ом), что позволяет рассчитать силу тока чрез порошок;

$$I = \frac{U_1}{R_0}. \quad (1)$$

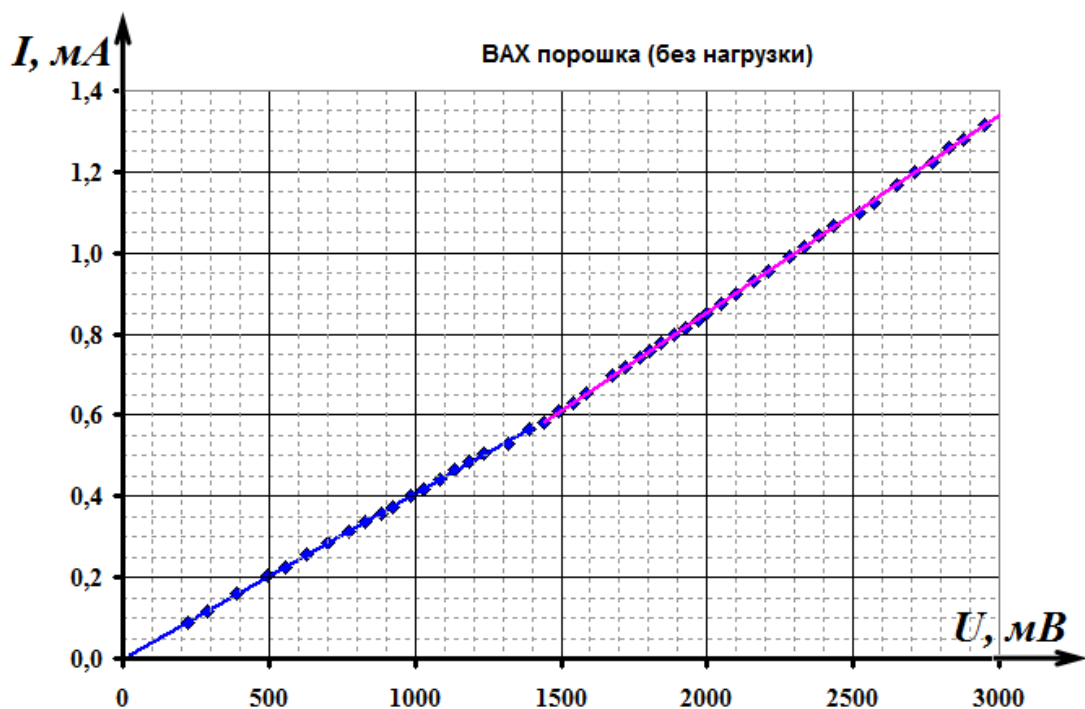


Переключение ключа в положение 2 дает возможность измерить напряжение на порошке U_2 . Проводимость порошка рассчитывается по формуле

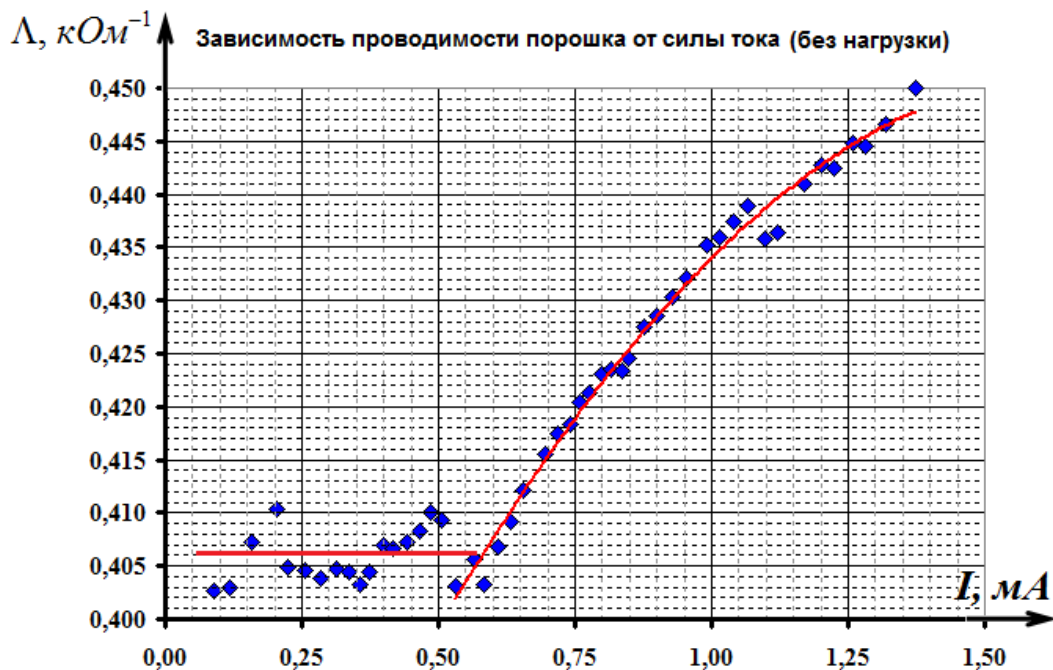
$$\Lambda = \frac{1}{R_x} = \frac{I}{U_2} = \frac{1}{R} \frac{U_1}{U_2} \quad (2)$$

Часть 1.

На графике¹ представлена вольтамперная характеристика порошка без нагрузки. Строго говоря, эта зависимость не линейна, поэтому в общем случае следует сказать, что закон Ома не выполняется. Однако, для токов, меньших 0,5 мА наблюдается прямо пропорциональная зависимость между силой тока и напряжением, поэтому в этом диапазоне закон Ома для участка цепи справедлив.



Этот вывод подтверждает и рассчитанная зависимость проводимости порошка от силы тока. В указанном диапазоне результаты измерений разброса хаотично, что связано, скорее всего, с погрешностями измерений. При больших токах проводимость монотонно возрастает, чуть более, чем на 10%. Можно предположить, что увеличение проводимости (или уменьшение сопротивления) связано с частичным спеканием микрочастиц порошка.



¹ В этой части не приведены данные в табличном виде, только для экономии места, все результаты представлены на графиках. От участников олимпиады не требуется такого большого числа точек – достаточно 15-20 точек, но в приведенном здесь интервале напряжений.

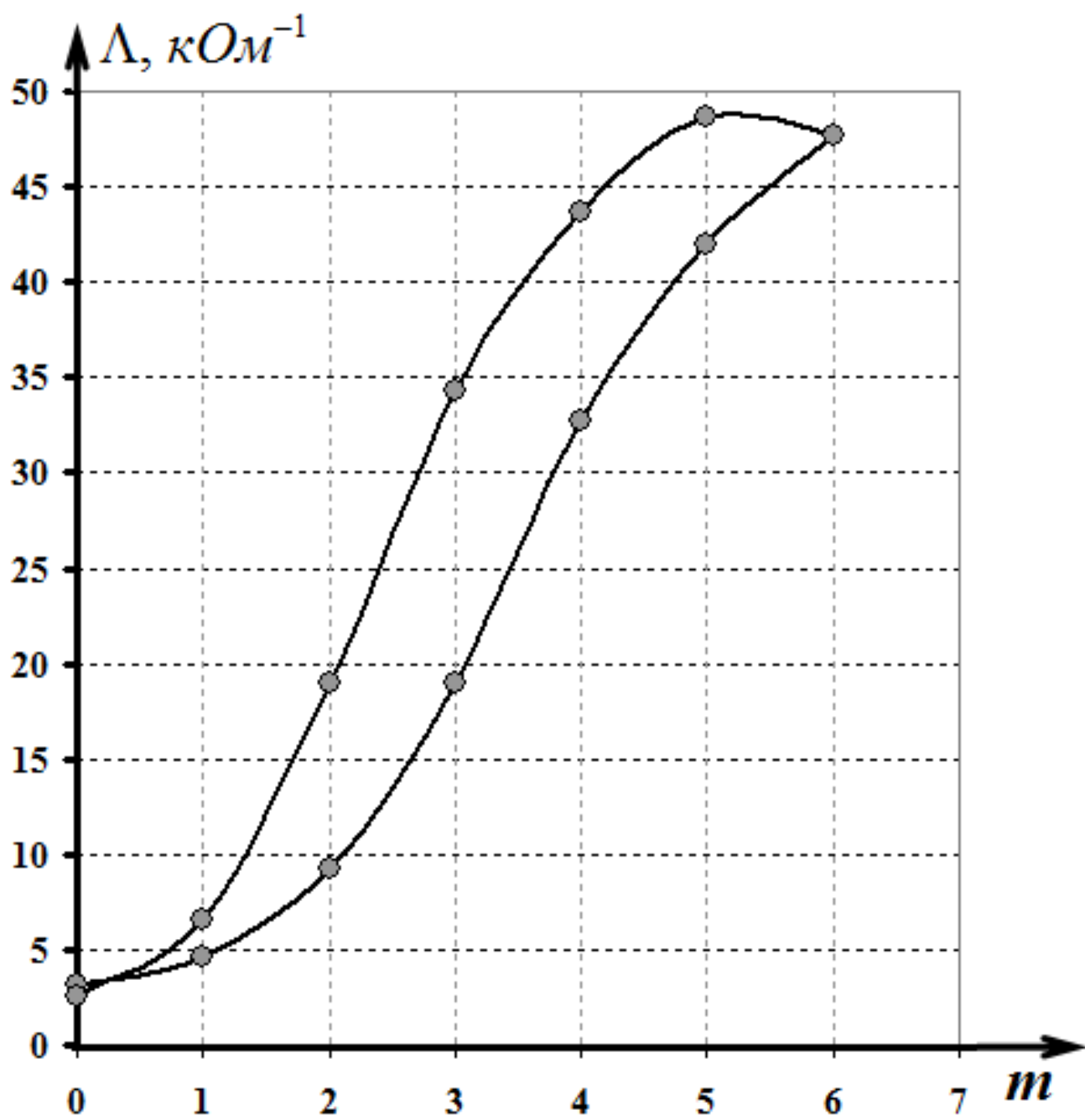
Часть 2.

В таблице приведены результаты измерений проводимости металлического порошка при попеременном увеличении и снятии нагрузки для трех циклов нагрузки-разгрузки. После каждого изменения нагрузки выдерживался интервал времени 40-50 с, пока показания вольтметра не стабилизировались.

Таблица 1. Результаты измерений проводимости порошка при нагрузке и разгрузке.

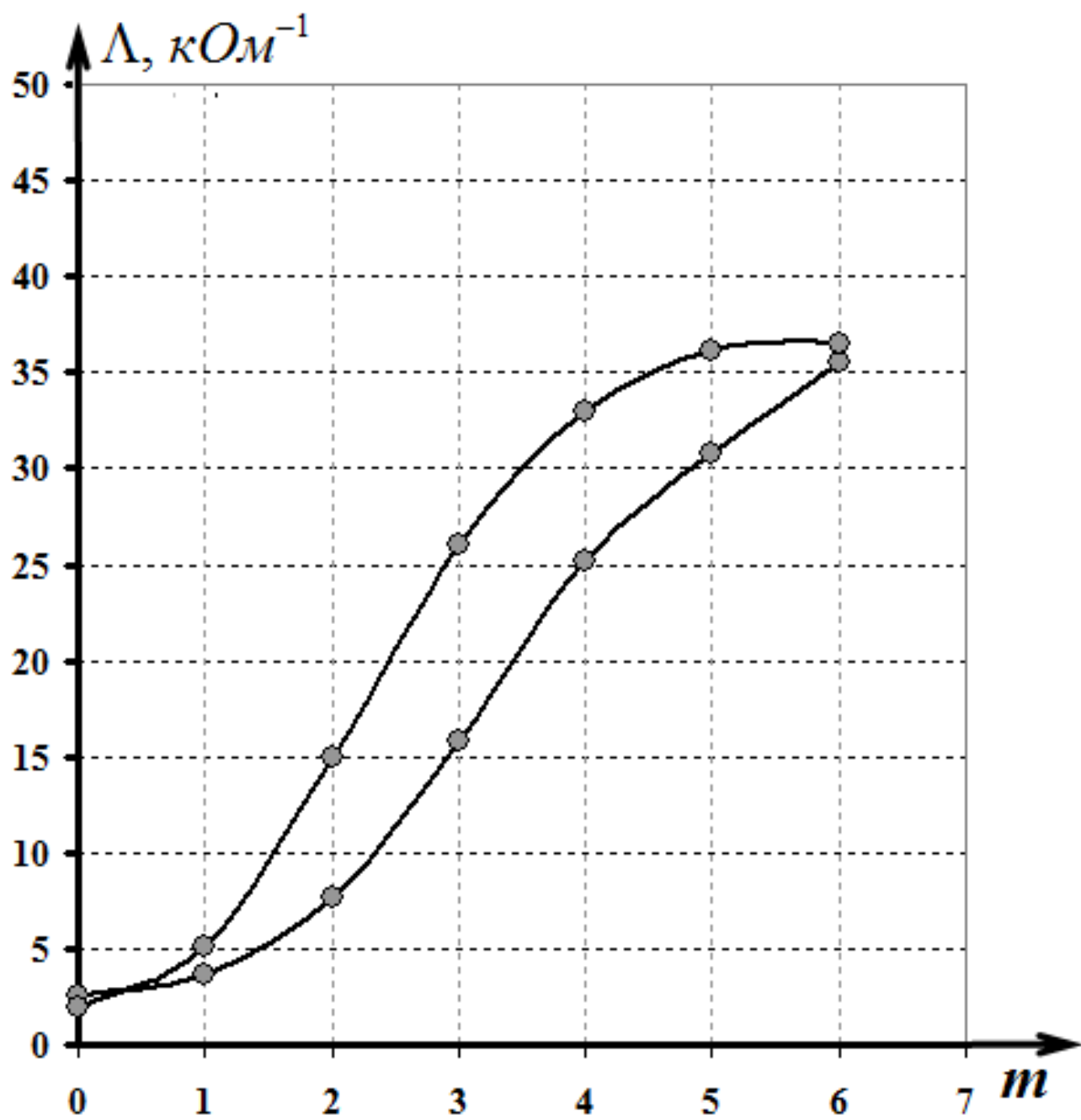
Цикл 1.

m, штук	U_0, B	U_1, B	$R_1, \text{Ом}$	$\Lambda, \text{кОм}^{-1}$
0	0,90	1,44	318,8	3,14
1	0,70	1,65	216,4	4,62
2	0,41	1,94	107,8	9,28
3	0,22	2,13	52,7	18,98
4	0,133	2,22	30,6	32,73
5	0,105	2,25	23,8	42,02
6	0,093	2,26	21,0	47,65
5	0,091	2,26	20,5	48,70
4	0,101	2,25	22,9	43,68
3	0,127	2,22	29,2	34,28
2	0,22	2,13	52,7	18,98
1	0,54	1,81	152,2	6,57
0	1,02	1,33	391,1	2,56



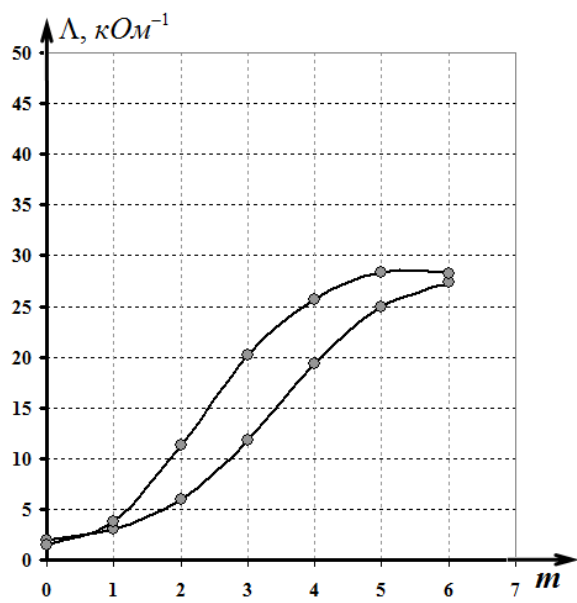
Цикл 2.

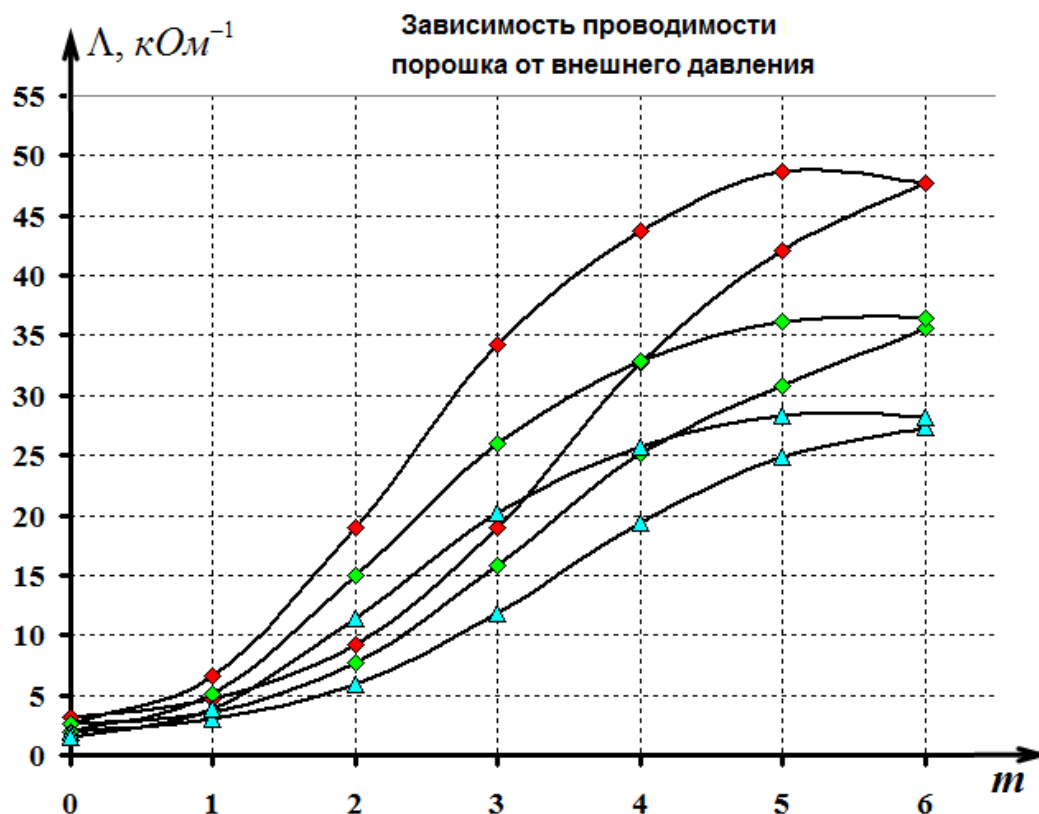
m, штук	U_0, B	U_1, B	$R_1, \text{ОМ}$	$\Lambda, \text{кОМ}^{-1}$
0	1,02	1,33	391,1	2,56
1	0,83	1,53	276,7	3,61
2	0,48	1,88	130,2	7,68
3	0,26	2,09	63,4	15,76
4	0,17	2,18	39,8	25,14
5	0,14	2,2	32,5	30,81
6	0,123	2,23	28,1	35,55
6	0,12	2,23	27,4	36,44
5	0,121	2,23	27,7	36,14
4	0,131	2,2	30,4	32,93
3	0,165	2,19	38,4	26,02
2	0,273	2,08	66,9	14,94
1	0,65	1,7	195,0	5,13



Цикл 3.

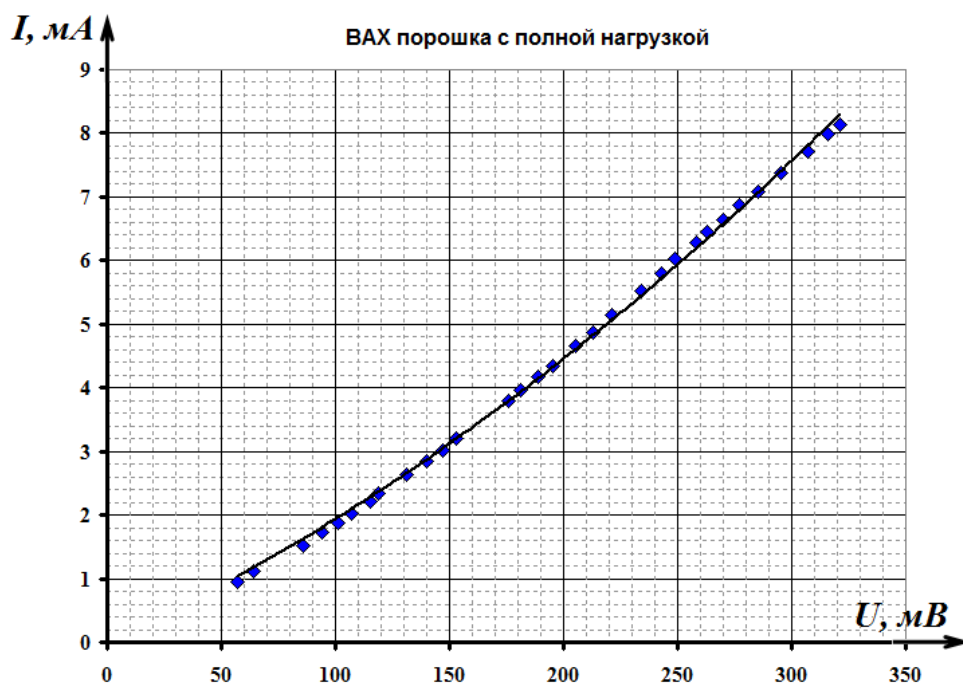
m , штук	U_0, B	U_1, B	$R_1, \text{ОМ}$	$\Lambda, \kappa\text{ОМ}^{-1}$
0	1,18	1,16	518,8	1,93
1	0,94	1,41	333,3	3,00
2	0,59	1,76	167,6	5,97
3	0,34	2,01	84,6	11,82
4	0,22	2,13	51,6	19,36
5	0,175	2,18	40,1	24,91
6	0,16	2,19	36,5	27,38
6	0,156	2,2	35,5	28,21
5	0,155	2,2	35,2	28,39
4	0,17	2,18	39,0	25,65
3	0,212	2,14	49,5	20,19
2	0,352	2	88,0	11,36
1	0,81	1,54	263,0	3,80





Для сравнения, приведены три цикла «нагрузка-разгрузка» на одной диаграмме. Полученные зависимости обладают рядом особенностей: - при увеличении нагрузки проводимость порошка возрастает, что связано со сжатием порошка и, как следствие, увеличением площади контактов между микрочастицами; - наблюдается петля гистерезиса, т.е. при снятии нагрузки остается некоторая остаточная деформация порошка (или сохранение структуры упаковки частиц); - при повторении циклов уменьшается «размах» изменения проводимости, из-за постепенного уплотнения (трамбовки) порошка; - в повторных циклах ширина петли также уменьшается, что также связано с «трамбовкой».

И все же правильный вывод из данной работы, заключается в том, что сопротивление порошка может быть любым, потому, что зависит от всего!



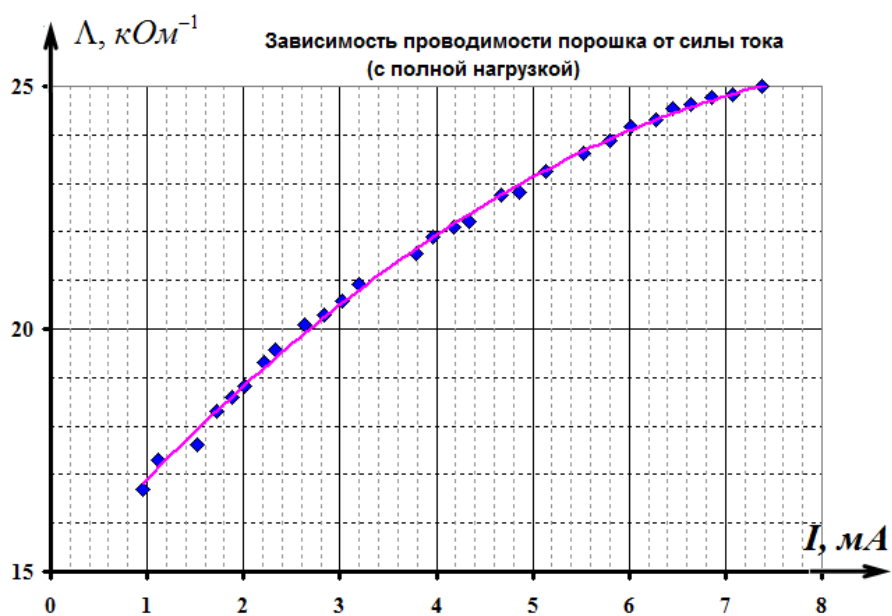
Часть 3.

На рисунке приведен график вольтамперной характеристики порошка при его полной нагрузке. В данном случае зависимость явно не линейная. Поэтому необходимо констатировать – закон Ома для участка цепи не выполняется.

Причины, указанные при обсуждении ВАХ порошка без нагрузки здесь проявляются в большей степени:

во-первых, под нагрузкой проводимость порошка значительно выше (более чем в 20 раз). Следовательно, и сила тока больше, поэтому эффекты спекания могут проявляться сильнее; во-вторых, площади контактов между частицами порошка больше, что также способствует образованию дополнительных связей между микрочастицами при протекании электрического тока.

Нелинейность зависимости между силой тока и напряжением подтверждается также и графиком зависимости проводимости порошка от силы тока. Здесь проводимость несомненно изменяется (почти более, чем на 50%), причем это изменение является монотонным. В этом случае не наблюдается участка с постоянной проводимостью (возможно, потому, что силы токов превышают 1 мА).



¹, , В этой части не приведены данные в табличном виде только для экономии места все результаты представлены на графиках. От участников олимпиады не требуется такого большого числа точек – достаточно 15-20 точек, но в приведенном здесь интервале напряжений.